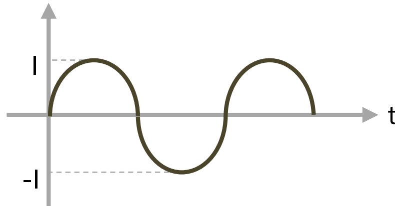
Listrik Bolak-Balik

A. PENDAHULUAN

- **Listrik bolak-balik (AC)** dihasilkan dari induksi elektromagnetik.
- **Arus AC** dan **tegangan AC** adalah arus dan tegangan yang nilainya berubah terhadap waktu secara sinusoidal.



- **Grafik** arus dan tegangan AC dapat dilihat menggunakan osiloskop, dan besarnya dapat diukur menggunakan amperemeter, voltmeter dan avometer.

B. ARUS AC DAN TEGANGAN AC

- **Arus AC** dan **tegangan AC** terdiri dari tiga istilah, yaitu nilai sesaat, nilai maksimum, nilai efektif, dan nilai rata-rata.
- **Nilai sesaat** adalah besar AC pada suatu waktu tertentu.
- **Nilai maks** adalah besar AC maksimum yang dapat terjadi. Nilai maks terbaca pada osiloskop.
- **Nilai efektif** adalah besar AC yang setara dengan besar DC yang menghasilkan jumlah kalor yang sama pada waktu yang sama. Nilai efektif terbaca pada alat ukur listrik.
- **Hubungan** nilai maks dan nilai efektif:

$$V_m = V_{eff}.\sqrt{2} \qquad I_m = I_{eff}.\sqrt{2}$$

m = maks
eff = efektif

- **Nilai rata-rata** adalah besar AC yang setara dengan besar DC yang memindahkan muatan yang sama pada waktu yang sama.
- **Nilai rata-rata** dapat dihitung:

$$V_{rata} = \frac{2.V_m}{\pi} \qquad I_{rata} = \frac{2.I_m}{\pi}$$

- **Grafik** arus dan tegangan AC berbentuk grafik sinus, dan digambarkan dalam diagram fasor.
- **Diagram fasor** menggambarkan vektor fase arus dan tegangan AC dengan sudut putar berupa sudut fase gelombang sinus.

C. RANGKAIAN LISTRIK BOLAK-BALIK

- **Rangkaian listrik bolak-balik (AC)** dapat dibuat menjadi rangkaian resistif murni, induktif murni, kapasitif murni dan rangkaian RLC.

- **Persamaan** arus dan tegangan AC secara umum:

$$V = V_m.\sin(\omega t) \qquad I = I_m.\sin(\omega t)$$

V = tegangan AC (V) I = kuat arus AC (A)
Vm = tegangan maks (V) Im = kuat arus maks (A)
ω = frekuensi sudut (rad/s) T = waktu (/s)

- **Rangkaian kapasitif murni** adalah rangkaian AC yang hanya mengandung kapasitor saja.

Rangkaian

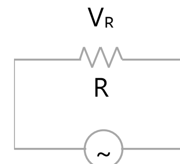
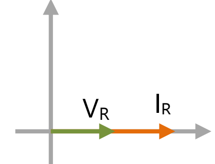
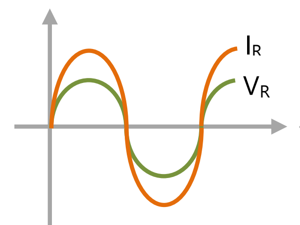


Diagram fasor



Grafik sinusoidal



Arus dan tegangan pada rangkaian resistor adalah sefase.

- **Persamaan arus dan tegangan** pada rangkaian resistif murni:

$$V_R = V_m.\sin(\omega t) \qquad I_R = I_m.\sin(\omega t)$$

- **Hukum Ohm** pada rangkaian resistif:

$$V_m = I_m.R \qquad V_{eff} = I_{eff}.R$$

R = hambatan resistor (Ω)

- **Rangkaian induktif murni** adalah rangkaian AC yang hanya mengandung induktor saja.

Rangkaian

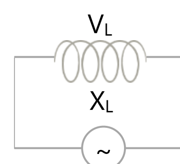
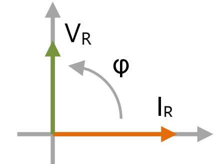
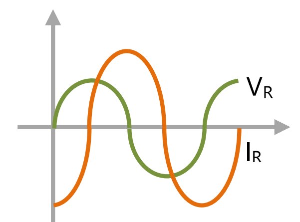


Diagram fasor



Grafik sinusoidal



Sudut fase arus terlambat 90° dari sudut fase tegangan.

- **Persamaan arus dan tegangan** pada rangkaian induktif murni:

$$V_L = V_m.\sin(\omega t) \qquad I_L = I_m.\sin(\omega t - 90^o)$$



- **Reaktansi induktif** adalah nilai hambatan yang terdapat pada induktor, dapat dirumuskan:

$$X_L = \omega.L = 2\pi f.L$$

X_L = reaktansi induktif (Ω)
ω = frekuensi sudut (rad/s)
f = frekuensi (Hz)
L = induktansi diri (H)

- **Hukum Ohm** pada rangkaian induktif:

$$V_m = I_m.X_L \qquad V_{eff} = I_{eff}.X_L$$

X_L = reaktansi induktif (Ω)

- **Rangkaian kapasitif murni** adalah rangkaian AC yang hanya mengandung kapasitor saja.

Rangkaian

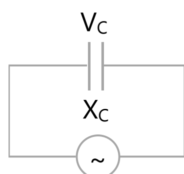
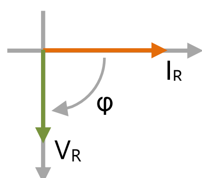
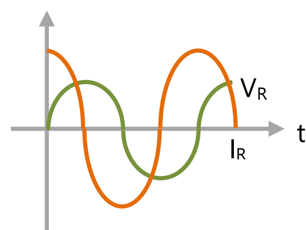


Diagram fasor



Grafik sinusoidal



Sudut fase arus mendahului 90° dari sudut fase tegangan.

- **Persamaan arus dan tegangan** pada rangkaian kapasitif murni:

$$V_C = V_m.\sin(\omega t) \qquad I_C = I_m.\sin(\omega t + 90°)$$

- **Reaktansi kapasitif** adalah nilai hambatan yang terdapat pada kapasitor, dapat dirumuskan:

$$X_C = \frac{1}{\omega.C} = \frac{1}{2\pi f.C}$$

X_C = reaktansi kapasitif (Ω)
ω = frekuensi sudut (rad/s)
f = frekuensi (Hz)
C = kapasitansi (F)

- **Hukum Ohm** pada rangkaian kapasitif.

$$V_m = I_m.X_C \qquad V_{eff} = I_{eff}.X_C$$

X_C = reaktansi kapasitif (Ω)

- **Rangkaian RLC** adalah rangkaian AC yang mengandung resistor, induktor dan kapasitor seri.

Rangkaian

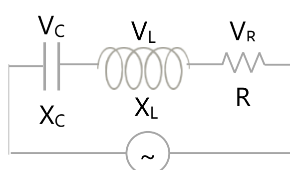
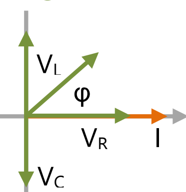


Diagram fasor



- **Tegangan total (V)** adalah tegangan gabung total rangkain RLC.

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$

- **Impedansi total (Z)** adalah hambatan gabungan total rangkaian RLC.

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

- **Kuat arus listrik** yang mengalir pada rangkaian dapat dirumuskan:

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{V_R}{R} = \frac{V_L}{X_L} = \frac{V_C}{X_C}$$

- **Beda sudut fase** yang terjadi antara kuat arus listrik (I) dengan tegangan total (V) dapat dihitung:

$$\tan\varphi = \frac{V_L - V_C}{V_R} = \frac{X_L - X_C}{R}$$

- **Sifat-sifat rangkaian RLC:**

1) **Induktif**
   - Fase arus terlambat dari fase tegangan sebesar 0° ≤ φ ≤ 90°.
   - Nilai $X_L > X_C$.

2) **Kapasitif**
   - Fase arus medahului fase tegangan sebesar 0° ≤ φ ≤ 90°.
   - Nilai $X_C > X_L$.

3) **Resistif** (resonansi)
   - Arus dan tegangan adalah sefase.
   - Nilai $X_L = X_C$.

Impedansi total rangkaian bernilai minimum (Z = R), sedangkan kuat arus listrik bernilai maksimum ($I = \frac{V}{R}$).

Frekuensi sudut yang dihasilkan rangkaian RLC yang bersifat resistif:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

Frekuensi resonansi yang dihasilkan rangkaian RLC yang bersifat resistif:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



D. DAYA RANGKAIAN LISTRIK BOLAK-BALIK

- **Daya** pada rangkaian AC terjadi pada rangkaian resistif. Pada rangkaian induktif dan kapasitif, daya rata-rata adalah nol.
- **Daya rangkaian AC** dapat dihitung:

Hubungan dengan tegangan

$$P = V_{eff}.I_{eff}.\cos\varphi$$

Hubungan dengan impedansi

$$P = I_{eff}^2.Z.\cos\varphi$$

$$P = I_{eff}^2.R$$

dengan nilai cosφ,

$$\cos\varphi = \frac{R}{Z} = \frac{V_R}{V}$$

